

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift
⑯ DE 31 31 232 A1

⑮ Int. Cl. 3:
H01S 3/083
H 01 S 3/19
G 01 C 21/10
G 11 B 7/12

⑯ Aktenzeichen: P 31 31 232-2-33
⑯ Anmeldetag: 6. 8. 81
⑯ Offenlegungstag: 8. 4. 82

Behördeneigentum

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯
13.08.80 JP P110419

⑯ Anmelder:
Ishizaka, Seiichi; Honda Giken Kogyo K.K., Tokyo, JP

⑯ Vertreter:
Mitscherlich, H., Dipl.-Ing.; Guschmann, K., Dipl.-Ing.;
Körber, W., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.; Schmidt-Evers, J.,
Dipl.-Ing., Pat-Anw., 8000 München

⑯ Erfinder:
Matsuhashi, Yoshinobu; Shimada, Junichi; Sakurai,
Kenjiro, Sakura, Ibaraki, JP; Nakamura, Yukinobu, Asaka,
Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ **Halbleiter-Ringlaservorrichtung**

Bei einer Halbleiter-Ringlaservorrichtung ist ein Wellenleiter eines Halbleiter-Laserelementes unter einem Brewster'schen Winkel zur Normale auf die Spaltebene geneigt, so daß eine linear polarisierte Welle an der Spaltebene nicht reflektiert wird, und es wird außerhalb des Halbleiter-Laserelementes mit einem ringförmigen optischen Pfad ein ringförmiger Oszillator gebildet.
(31 31 232)

DE 31 31 232 A1

DE 31 31 232 A1

Dipl.-Ing. H. MITSCHERLICH
 Dipl.-Ing. K. GUNSCHMANN
 Dr. rer. nat. W. KÖRBER
 Dipl.-Ing. J. SCHMIDT-EVERS
 PATENTANWÄLTE

D-8000 MÜNCHEN 22
 Steinsdorfstraße 10
 ☎ (089) 29 66 84

6. August 1981
 je

Seiichi ISHIZAKA
 1-3-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo / JAPAN

und

HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA
 27-8, 6-chome, Jingumae, Shibuya-ku, Tokyo / JAPAN

10

Ansprüche:

1. Halbleiter- Ringlaservorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wellenleiter (3) eines Halbleiter-Laserelementes (11) so angeordnet ist, daß der Neigungswinkel des Wellenleiters zur Normale auf eine Spaltebene (6) des Laserelementes einen Brewster'schen Winkel bilden kann bezüglich des Wellenleitermediums und eines Mediums, welches der Spaltebene benachbart ist, und daß ein ringförmiger optischer Pfad mit einem optischen System, das eine Linse (14), einen Spiegel (15) und andere Bauteile umfaßt, außerhalb des Halbleiter-Laserelementes so angeordnet ist, daß ein ringförmiger Resonator gebildet wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein optisches Faserteil (17) zum Aufbauen wenigstens eines Teiles des ringförmigen optischen Pfades (16) verwendet wird.

06.08.01

2

1

5

10

Halbleiter-Ringlaservorrichtung

Die Erfindung betrifft eine Halbleiter-Ringlaservorrichtung, welche ein Halbleiter-Laserelement und einen ringförmigen Resonator mit einem ringförmigen optischen Pfad umfaßt, der außerhalb des Laserelementes so angeordnet ist, daß eine Ringlaser-Schwingung erzeugt wird.

Ein Halbleiter-Laserelement hat im Vergleich zu einem Gaslaser oder dgl. Vorteile, wie beispielsweise sehr kleine Größe, geringes Gewicht, niedrigen Energieverbrauch, hohe Wirkungsgrad, niedrige Kosten und andere, und deshalb hat man kürzlich damit begonnen, das Halbleiter-Laserelement für eine optische Kommunikation, einen Laserdrucker, eine Videoplatte und andere Vorrichtungen zu verwenden.

Auf dem Gebiet des Ringlaser-Gyroskops, das als Winkelgeschwindigkeitsdetektor dient, der in einer Trägheitsnavigationsvorrichtung für ein Flugzeug oder dgl. verwendet wird, ist es aber bisher üblich, daß ein Helium-Neon-Laser eine konkurrenzlose Stellung einnimmt und noch kein Halbleiter-Laserelement verwendet worden ist.

Der Grund dafür liegt darin, daß bei einem herkömmlichen Halbleiter-Laserelement ein Wellenleiter in einer Kristallstruktur des Laserelementes so angeordnet ist, daß er einen rechten Winkel zu einer Spalteinheit der Kristallstruktur bildet, so daß die Spalteinheit als Spiegel dient

006-000-001

3

1 und der sich zwischen der vorderen und dazu parallelen
hinteren Spaltebene erstreckende Wellenleiter so ausge-
bildet ist, daß er ein optischer Fabry-Perot-Resonator
wird, um eine Laserschwingung zu bewirken. Selbst wenn
5 ein ringförmiger optischer Pfad außerhalb dieses Laserele-
mentes vorgesehen ist, kann folglich kein reiner ring-
förmiger Oszillatior gebildet werden, und daher kann kein
sehr empfindlicher Winkelgeschwindigkeitsdetektor erhalten
werden.

10

Gegenstand der Erfindung ist die Schaffung einer Halblei-
ter-Ringlaservorrichtung, welche im Vergleich zu einer
Gas-Ringlaservorrichtung Vorteile, wie zum Beispiel kleine
Größe, geringes Gewicht, niedrigen Energieverbrauch,
15 hohen Wirkungsgrad, niedrige Kosten und andere aufweist
und welche beispielsweise zur Verwendung in einer Ring-
laser-Gyroskopvorrichtung geeignet ist; die Vorrichtung
ist dadurch gekennzeichnet, daß ein Wellenleiter eines
Halbleiter-Laserelementes so angeordnet ist, daß der Nei-
20 gungswinkel des Wellenleiters zur Normale auf eine Spalt-
ebene des Laserelementes einen Brewster'schen Winkel bil-
den kann bezüglich des Wellenleitermediums und eines Me-
diums, welches der Spaltebene benachbart ist, und daß ein
ringförmiger optischer Pfad mit einem optischen System,
25 das eine Linse, einen Spiegel und andere Bauteile umfaßt,
außerhalb des Halbleiter-Laserelementes so angeordnet ist,
daß ein ringförmiger Resonator gebildet wird.

Die Erfindung nutzt das Prinzip des Brewster'schen Winkels.

30 Gemäß diesem Prinzip wird, wie in Figur 1 gezeigt, bei
Einfall eines Strahls von einem Medium I (Brechungsindex
 n_1) auf ein Medium II mit unterschiedlichem Brechungsindex
(Brechungsindex n_2), wenn der Einfallswinkel θ_i und
der Durchlasswinkel θ_t die Bedingung $\theta_i + \theta_t = 90$ Grad
35 erfüllen, der Einfallswinkel θ_i als Brewster'scher Winkel
bezeichnet, und es gilt $\tan \theta_i = n_2/n_1$; in diesem Zustand

06-06-01

4

1 wird die linear polarisierte Welle des Strahls, deren elektrischer Feldvektor parallel zur Einfallsebene liegt, völlig reflektionsfrei. Erfindungsgemäß ist daher in Anwendung dieses Prinzips ein Wellenleiter eines Halbleiter-

5 Laserelementes so angeordnet, daß der Neigungswinkel des Wellenleiters zur Normale auf eine Spaltebene des Laserelementes einen Brewster'schen Winkel bilden kann bezüglich des Wellenleitermediums und eines Mediums, welches der Spaltebene benachbart ist, so daß eine linear polarisierte Welle, deren elektrischer Feldvektor parallel zu einer p-n-Übergangsebene liegt, an der Spaltebene überhaupt nicht reflektiert wird. Außerdem ist erfindungsgemäß ein ringförmiger optischer Pfad außerhalb des Laserelementes so angeordnet, daß eine Ringlaserschwingung bewirkt

10 15 wird.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigt:

20 Figur 1 ein Diagramm zur Erläuterung des Prinzips des Brewster'schen Winkels;

Figur 2 eine perspektivische schematische Ansicht zur Erläuterung des Aufbaus eines Ausführungsbeispiels für ein Halbleiter-Laserelement;

25 Figur 3 eine Draufsicht unter Auslassung von Teilen auf das Halbleiter-Laserelement von Figur 2; und

Figuren 4 bis 6 Diagramme zur Erläuterung des Aufbaus von Ausführungsbeispielen für die Halbleiter-Ringlaservorrichtung.

30

Figur 2 zeigt ein Beispiel für ein Halbleiter-Laserelement. Bezugssymbol 1 bezeichnet ein n-Ga-As-Substrat, Bezugssymbol 2 bezeichnet eine $n\text{-Al}_{x_2}\text{-Ga}_{1-x_2}$ -As-Überzugschicht, Bezugssymbol 3 bezeichnet einen $n\text{-Al}_{x_g}\text{-Ga}_{1-x_g}$ -As-Wellenleiterbereich, Bezugssymbol 4

000-000-001

5

1 eine aktive $\text{Al}_{x_1}\text{-Ga}_{1-x_1}$ -Schicht, und Bezugszeichen 5 bezeichnet eine p- $\text{Al}_{x_2}\text{-Ga}_{1-x_2}$ -As-Überzugsschicht, und diese Schichten 2,3,4 und 5 bilden einen streifenförmigen Mesa-Abschnitt, der so ausgebildet ist, daß er einen Brewster'schen Winkel θ_B bezüglich einer Normalen zu jeder Spalt-ebene 6 aufweist. Bezugszeichen 7 bezeichnet eine n- $\text{Al}_{x_3}\text{-Ga}_{1-x_3}$ -As-Außenschicht, Bezugszeichen 8 bezeichnet eine SiO_2 -Isolierschicht, welche den oberen Bereich der Außenschicht 7 außer dem streifenförmigen Mesa-Abschnitt bedeckt, Bezugszeichen 9 bezeichnet eine Cr-Au-Metallfilm-elektrode, welche in direktem Kontakt mit der Überzugsschicht 5 des streifenförmigen Mesa-Abschnitts steht und die Isolierschicht 8 bedeckt, und Bezugszeichen 10 bezeichnet eine AuGeNi-Au-Metallfilmelektrode.

Dieses Element wird in einem Verfahren hergestellt, bei welchem die Überzugsschicht 2, der Wellenleiterbereich 3, die aktive Schicht 4 und die Überzugsschicht 5 der Reihe nach auf dem Substrat 1 gezogen werden durch ein herkömmliches sequentielles Flüssigphasen-Aufwachsverfahren und dann der streifenförmige Mesa-Abschnitt der Elemente 2,3,4 und 5 durch Mesa-Ätzung gebildet wird. Indem wiederum ein Flüssigphasen-(Epitaxial-)Aufwachsverfahren verwendet wird, wird die Außenschicht 7 auf der oberen Fläche des Substrats 1 und auf den Seitenflächen des Mesa-Abschnitts gezogen oder gezüchtet, und dann wird das SiO_2 niedergeschlagen, um die obere Fläche der Außenschicht 7 außer der oberen Fläche des streifenförmigen Mesa-Ab schnitts zu überdecken. Danach wird eine thermische Diffusion von Zn durch ein Fenster der SiO_2 -Schicht ausgeführt, um die SiO_2 -Isolierschicht 8 zu bilden. Schließlich werden die Metallschichten der Elektroden 9 und 10 auf der oberen und der unteren Fläche des Laserelementes durch eine Verdampfungsniederschlagsbehandlung gebildet. (Referenz: K.Saito und R.Ito "Buried-Heterostructure AlGaAs Lasers", IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 16, p.p. 205-215, February 1980).

06.08.81.

6

1 Wenn wie oben beschrieben der Wellenleiterbereich 3 bei seiner Bildung so eingestellt wird, daß er einen Brewster'schen Winkel bezüglich der Normalen auf die Spaltebene 6 bildet, kann durch das herkömmliche Verfahren leicht ein
 5 Halbleiter-Laserelement hergestellt werden, welches an seiner Spaltebene 6 keine Reflexionsfunktion aufweist.

Figur 3 ist eine schematische Ansicht eines Modells des Halbleiter-Laserelementes von Figur 2, von oben betrachtet;

10 in dieser Ansicht ist die p-n-Übergangsebene des Wellenleiters 3 als eine zur Zeichenebene parallele Ebene gezeigt.

Ein spezielles Beispiel für den Brewster'schen Winkel θ_B
 15 wird folgendermaßen beschrieben: Wenn der Brechungsindex des Wellenleiters eines AlGaAs-Laserelementes etwa 3,5 beträgt und der Brechungsindex des umgebenden Gaskörpers etwa 1,0 beträgt, dann gilt

$$\theta_B \cong \tan^{-1} 1,0/3,5 \cong 16^\circ$$

20

Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung. Bezugssymbol 11 bezeichnet das oben beschriebene Halbleiter-Laserelement, dessen Spaltebene 6 eine nichtreflektierende Ebene geworden ist; das Laserelement 11 ist mit seiner oberen und seiner unteren Elektrode über einen Widerstand 12 an eine elektrische Antriebsquelle 13 angeschlossen. Das Bezugssymbol 14 bezeichnet eine Linse, Bezugssymbol 15 bezeichnet einen Spiegel und Bezugssymbol 15A bezeichnet einen Strahlteiler, und auf diese Weise wird ein ringförmiger Resonator mit einem ringförmigen optischen Pfad 16 durch ein System dieser optischen Teile gebildet. Ein Strahl 19 im Uhrzeigersinn und ein Strahl 20 gegen den Uhrzeigersinn werden von dem Strahlteiler 15A abgenommen.

35

Wenn dieses Ausführungsbeispiel auf eine Ringlaser-Gyroskopvorrichtung angewandt wird, wird diese so eingerichtet, daß der Strahl 19 im Uhrzeigersinn und der Strahl

000-00-000

1 20 gegen den Uhrzeigersinn, welche den Strahlteiler 15A durchlaufen, unter Verwendung eines Prismas, eines Spiegels oder dgl. (nicht gezeigt) zusammengefügt werden können und die Frequenzdifferenz der beiden Strahlen von 5 einem optischen Detektor (nicht gezeigt) als Schwebungs- signal einer Veränderung des optischen Ausgangssignals abgenommen wird.

Wenn in Figur 4 einer oder mehrere der zwei Spiegel 15 10 und des einzelnen Strahlteilers 15A durch ein Beugungsgitter ersetzt werden, ist eine derartige vorteilhafte Wirkung zu erwarten, daß die Einzelfrequenz-Wahleigenschaft und die Polarisations-ebenen-Lineareigenschaft verbessert werden.

15 Figur 5 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel. Bei diesem wird der ringförmige optische Pfad durch ein optisches Faserglied 17 anstelle der Spiegel 15 in Figur 4 gebildet.

20 In jedem der Ausführungsbeispiele der Figuren 4 und 5 ist das Medium, welches der Spaltebene 6 benachbart sein soll, ein gasförmiger Körper, wie zum Beispiel Luft oder dgl. Wenn eine ölgetränkte Linse oder dgl. anstelle der Linse 5 verwendet wird, wird ein Medium wie Öl, optischer 25 Zement oder dgl. in einen Raum zwischen dem Halbleiter-Laserelement und der Linse gefüllt, und in diesem Fall muß der Neigungswinkel des Wellenleiters des Halbleiter-Laserelementes so eingestellt werden, daß er den Brewster'schen Winkel entsprechend diesem Medium aufweist.

30 Figur 6 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel, bei welchem das oben beschriebene Halbleiter-Laserelement 11 und das optische Faserteil 17 direkt miteinander verbunden sind, ohne ein optisches System wie eine Linse oder dgl. einzufügen. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Wellenleiter 3 des Halbleiter-Laserelementes 11 so eingestellt, 35 daß sein Neigungswinkel bezüglich der Normalen zu der

06.06.01

1 Spaltebene 6 der Brewster'sche Winkel θ_B bezüglich des Elementmediums und eines Kernes 18 des optischen Faserteiles 17 ist, und der Kern 18 des optischen Faserteiles 17, dessen Endfläche so geschnitten ist, daß sie den genannten Winkel aufweist, und poliert ist, ist direkt mit dem Wellenleiter 3 verbunden. Auf diese Weise wird die polarisierte Welle, welche parallel zu der p-n-Übergangsebene ist, an der Verbindungsfläche völlig reflexionsfrei.

10 Wenn der Brechungsindex des Wellenleiters 3 des Halbleiter-Laserelementes 11 etwa 3,5 beträgt und der Brechungsindex des optischen Faserteiles 17 etwa 1,5 beträgt, ergibt sich in diesem Fall folgender Brewster'scher Winkel θ_B :

$$\theta_B \approx \tan^{-1} 1,5/3,5 \approx 23,2^\circ$$

15 Das Halbleiter-Laserelement in diesem Ausführungsbeispiel kann leicht auf ähnliche Art wie oben hergestellt werden.

Der ringförmige optische Pfad, der aus dem optischen Faserteil 17 außerhalb des Halbleiter-Laserelementes 11 besteht, bildet einen ringförmigen Resonator zum Bewirken einer Ringlaser-Oszillation und ist so angeordnet, daß ein im Uhrzeigersinn laufender Strahl 19 und ein gegen den Uhrzeigersinn laufender Strahl 20 von beiden Enden 25 eines gebogenen Abschnitts 21 des optischen Faserteiles 17 abgenommen werden.

Wenn eines der Ausführungsbeispiele der Figuren 5 und 6 für eine Ringlaser-Gyroskopvorrichtung verwendet wird, 30 ist diese ähnlich dem Fall des in Figur 4 gezeigten Beispiels so eingerichtet, daß der Strahl 19 im Uhrzeigersinn und der Strahl 20 gegen den Uhrzeigersinn unter Verwendung eines Spiegels, eines Prismas oder dgl. (nicht gezeigt) zusammengeführt werden können, so daß der Frequenzunterschied der beiden Strahlen von einem (nicht gezeigten) optischen Detektor als Schwebungssignal einer Veränderung des optischen Ausgangssignals abgenommen wird.

00-00 00

9

- 1 Erfindungsgemäß ist also der Wellenleiterbereich des Halbleiter-Laserelementes so angeordnet, daß sein Neigungswinkel bezüglich der Normalen zu der Spaltebene des Laserelementes einen Brewster'schen Winkel zwischen einem
- 5 Wellenleitermedium und einem Medium bilden kann, welches der Spaltebene benachbart ist, und der ringförmige Pfad wird durch ein optisches System außerhalb des Halbleiter-Laserelementes derart gebildet, daß es als ringförmiger Resonator dient, so daß eine praktisch ausgezeichnete
- 10 Halbleiter-Ringlaservorrichtung erhalten werden kann, welche im Vergleich zu einer Gas-Ringlaservorrichtung derartige Vorteile aufweist wie kleine Größe, leichtes Gewicht, niedrigen Energieverbrauch, hohen Wirkungsgrad, niedrige Kosten und andere und beispielsweise zur Verwen-
- 15 dung in einer Ringlaser-Gyroskopvorrichtung oder dgl. geeignet ist.

Der Patentanwalt



20

25

30

35

-10-
Leerseite

3131232

10.08.1981

-13-

MADE IN GERMANY

3131232

H01S 3/083

6. August 1981

8. April 1982

FIG.1

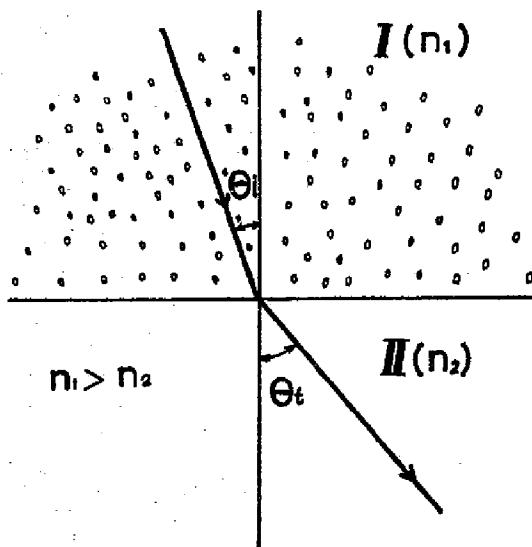


FIG.3

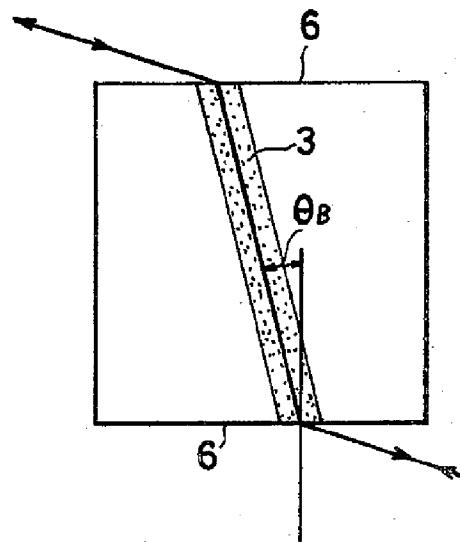
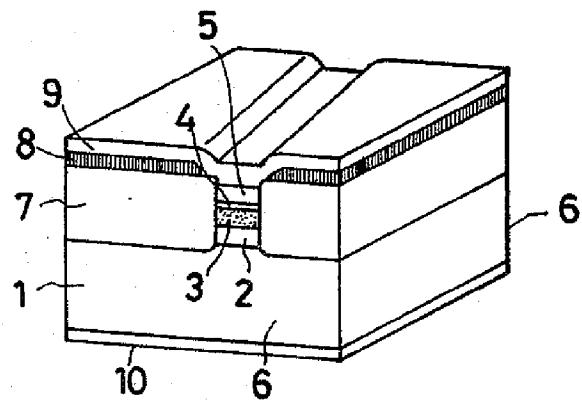


FIG.2



P 31 31 232.2

19-00-01

SEARCHED
3131232

-11-

FIG.4

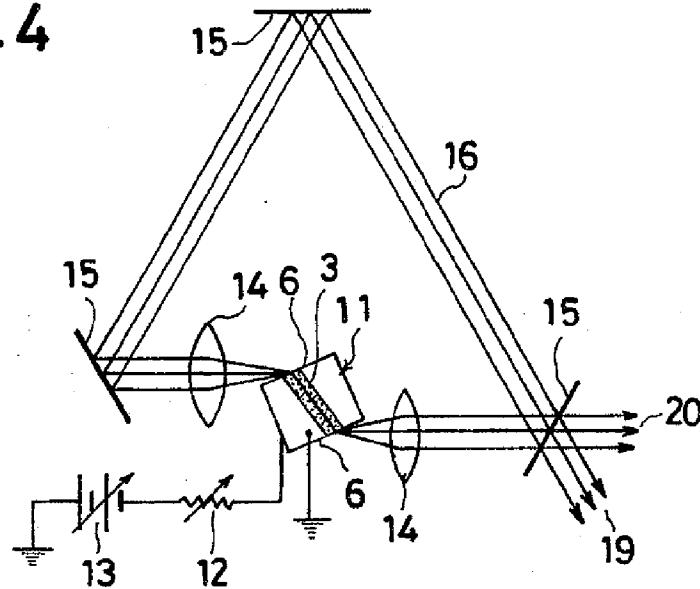
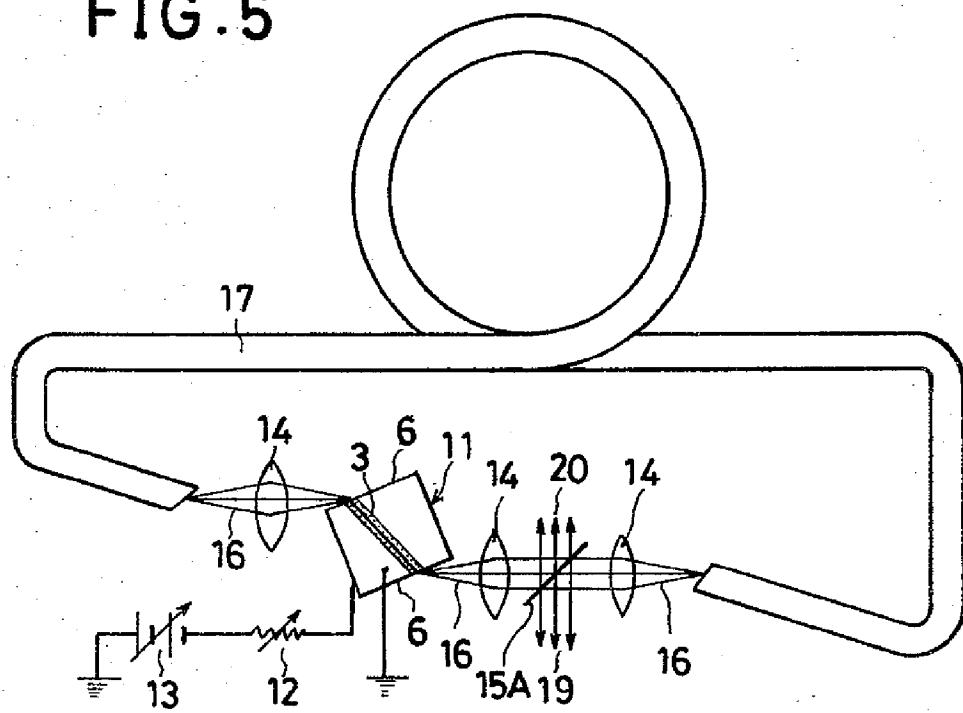


FIG.5



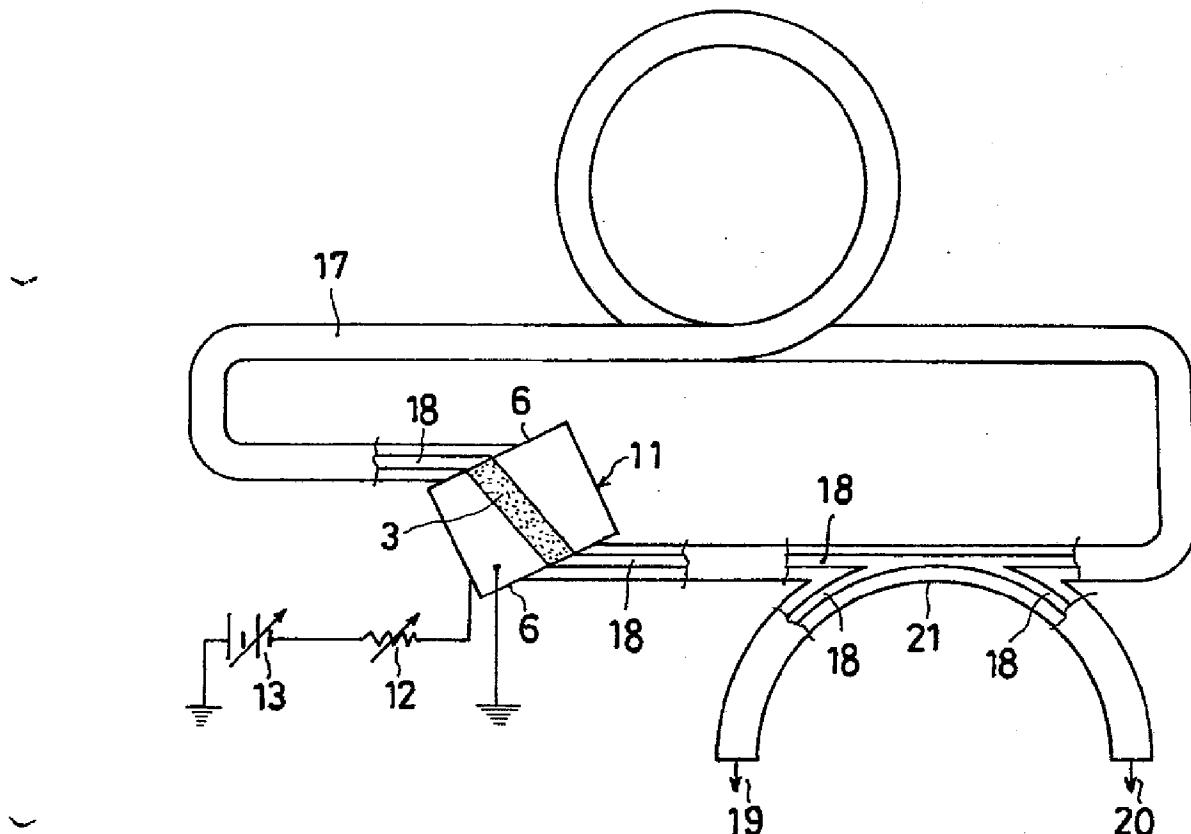
P 31 31 232,2

19.06.61

NACHGEREICHT
3131232

-12-

FIG.6



P 31 31 232.2